Prevenção da doença dos legionários
Análise comparativa dos sistemas de tratamento existentes

Paulo Diegues

"O ozono inativa instantaneamente a bactéria Legionella. Contudo, tem um período de vida curto"

A *Legionella* é considerada uma bactéria ambiental, e o seu nicho natural são águas superficiais como lagos, rios, nascentes, zonas de água estagnada e águas subterrâneas. Este bacilo Gram negativo está normalmente presente em concentrações baixas, não excedendo na maior parte dos casos as 10 células por litro.

A partir destes ambientes naturais pode colonizar os sistemas artificiais de abastecimento de água a grandes cidades, incorporando-se nas redes prediais de água quente e fria, nos sistemas de arejamento, ventilação, aquecimento e climatização (AVAC) dos grandes edifícios, tais como empreendimentos turísticos, escritórios, centros comerciais e hospitais, sempre que encontre as condições favoráveis à sua multiplicação.

Entre as condições que favorecem a multiplicação da *Legionella* conta-se a presença de nutrientes, a formação de biofilmes, a ocorrência de pontos mortos ou de estagnação de água na rede, temperaturas entre 25 e 50°C e a existência de produtos resultantes da corrosão.

Legionelose

A legionelose é uma infeção bacteriana aguda, cujo agente etiológico é a bactéria *Legionella*, que pode originar duas entidades clinicas e epidemiologicamente distintas: a doença dos Legionários, também denominada pneumonia dos Legionários ou "legionelose pneumónica" (CID-10. A48.1) e a febre de Pontiac ou "legionelose não pneumónica" (CID-10: 48.2)

A Doença dos Legionários é potencialmente epidémica, com uma taxa de letalidade elevada (5 a 30% dos casos) e pode apresentar sintomas semelhantes a outras formas de pneumonia, sendo por isso de difícil diagnóstico. Os sintomas começam normalmente 2 a 14 dias após a exposição à bactéria e podem incluir febre alta (superior a 39°C) arrepios e tosse seca, pneumonia focal e sintomas gastrointestinais.

A febre de Pontiac é uma doença benigna, afeta 90 a 95% das pessoas expostas indiscriminadamente (período de incubação 2 a 6 dias). Tem como sintomas mal-estar, fadiga, mialgias, febre e cefaleias. A recuperação ocorre em 2 a 5 dias sem qualquer tratamento. Conhecem-se até à data 51 espécies de *Legionella*, e cerca de 64 serogrupos já foram identificados, associando-se, pelo menos 20 deles, a estágios patológicos em humanos, portanto só estes poderão vir a causar doença em pessoas que venham a estar expostas à água contaminada.

Destas espécies e serogrupos a *Legionella* pneumophila serogrupo 1 é a responsável pela maior parte dos casos (cerca de 80%).

Uma das características importantes desta bactéria é a sua capacidade de crescer e de se multiplicar em ambiente intracelular,

aproveitando o auxílio metabólico do hospedeiro, tanto em protozoários como em macrófagos humanos (glóbulos brancos), constituindo o primeiro o reservatório natural deste organismo no ambiente.

Em ambientes aquáticos naturais e artificiais como instalações de edifícios, a presença de protozoários e de algas desempenha um papel importante suportando o seu mecanismo de sobrevivência em condições ambientais desfavoráveis.

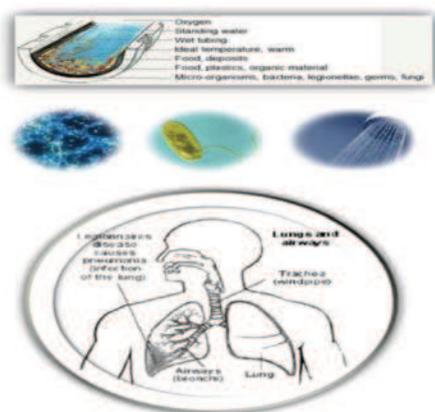



Figura 1 – Desenvolvimento da *Legionella* em ambientes artificiais e modo de transmissão (adaptado de 10)

A infeção transmite-se por via aérea (respiratória), através da inalação de gotículas de água (aerossóis) contaminadas com bactérias. Não se transmite de pessoa a pessoa, nem pela ingestão de água contaminada. Existem contudo alguns casos associados à aspiração seguida de ingestão de água contaminada.

Devido ao seu período de incubação, pode, pois, acontecer que a doença só se manifeste depois do viajante ter regressado a casa. Há que realçar o facto de um caso só poder ser considerado associado a viagens quando o doente passou pelo menos uma noite fora de casa nos dez dias anteriores ao início da doença. Porém, nestas situações, o empreendimento turístico onde o doente pernoitou não pode ser implicado, com toda a certeza, como fonte de infeção. Considera-se como um elemento a ter em atenção na investigação epidemiológica e não um dado adquirido como prova inquestionável.

A doença afeta preferencialmente pessoas adultas com mais de 50 anos de idade (duas a três vezes mais homens do que mulheres), sendo raríssima em indivíduos abaixo dos vinte anos.

Ser fumador é um fator de risco, já que esta doença atinge em especial fumadores. São igualmente fatores de risco, doenças crónicas debilitantes (alcoolismo, diabetes, cancro, insuficiência renal) ou ainda doentes imunocomprometidos, que tomem medicação com corticoides ou estejam a ser sujeitos a quimioterapia.

Não existe vacina contra a doença dos legionários. A doença dos legionários é, assim, uma pneumonia bacteriana grave que implica a adoção de medidas especiais de alerta e de intervenção sempre que ocorra em grandes edifícios.

É importante no entanto distinguir a situação de colonização dos sistemas de água por bactérias do género *Legionella*, da ocorrência de um caso de doença dos legionários.

OS VÁRIOS MÉTODOS DE TRATAMENTO DA ÁGUA, SUAS VANTAGENS E DESVANTAGENS COMPARATIVAS.

Existem vários processos para eliminar a bactéria *Legionella* por via da desinfeção nas redes prediais distinguindo-se duas vias:

- Por operações físicas – temperatura da água, produção de vapor e ultra violeta;
- Por via química – Uso de cloro e seus derivados, uso de outros agentes como o bromo (Br), ionização do cobre (Cu^{2+}) e da prata (Ag^{+})

Desinfeção Térmica

É uma prática comum nos sistemas de distribuição de água, principalmente em hospitais e hotéis.

A temperatura da água quente é elevada a 70°C a qual se deve verificar nos pontos mais críticos do sistema, ou seja aqueles que estão mais distantes, que normalmente coincidem com os pontos terminais das redes, nomeadamente torneiras e chuveiros.

Faz-se correr a água àquela temperatura nos chuveiros e torneiras durante 30 minutos, temperatura esta suficientemente eficaz para aniquilar a *Legionella*. A temperaturas inferiores o tempo é mais dilatado. Nos pontos de utilização a temperatura deve ser comprovada e monitorizada, não devendo ser inferior a 60°C e devendo circular a água em todo o sistema durante duas horas, mantendo o mesmo em carga.

Contudo existem outras metodologias que recomendam, como por exemplo o EWGI (European Work Group for *Legionella* Infection) que se eleve a temperatura da água quente para valores de 70 a 80 °C recorrendo às caldeiras que constituem o sistema, assim como aos permutadores de calor, fazer recircular a água no sistema durante 1 a 3 horas e assegurando que à saída das torneiras se verificam os 65°C, nos pontos de extremidade, devendo-se alertar as pessoas para as elevadas temperaturas de modo a evitar escaldões acidentais.

Posteriormente deve-se abrir sequencialmente todas as torneiras e chuveiros durante cinco minutos, após os quais se confirma a temperatura estabelecida.

Quando não for possível obter as temperaturas recomendadas, nos vários processos de desinfeção térmica, tem de se recorrer à desinfeção química. Em qualquer das situações é necessário recolher amostras de água passados alguns dias, para avaliar analiticamente a eficácia das medidas executadas.

Estudos apontam que a *Legionella* é erradicada a temperaturas superiores a 60°C e demora aproximadamente 10 minutos a ser eliminada. Já a temperaturas ligeiramente inferiores aos 60°C, demora aproximadamente 25 minutos.

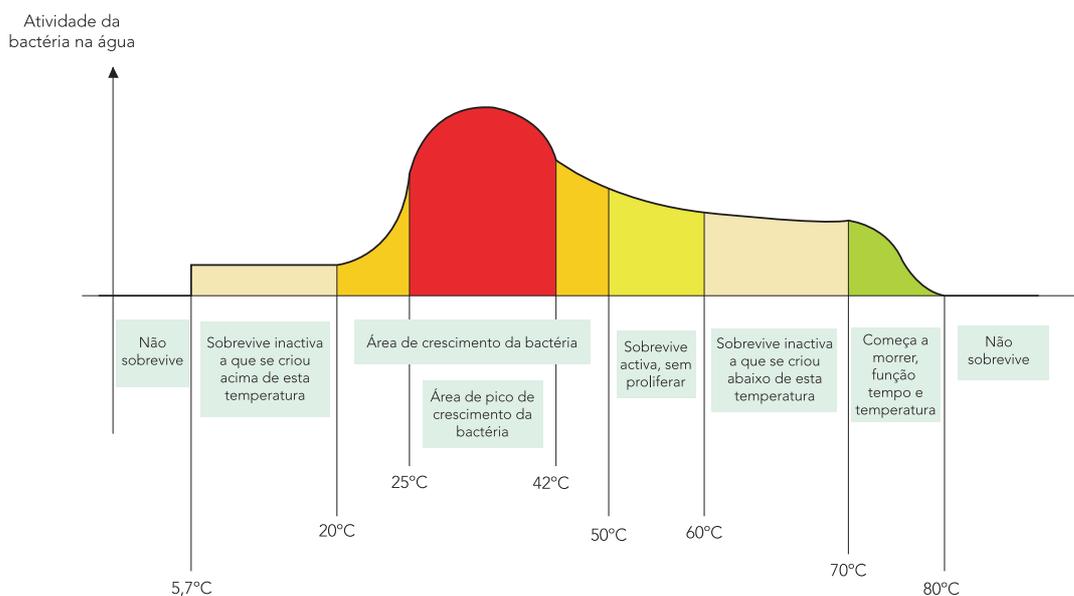



Figura 2 – *Legionella* e temperatura (retirada de 10).

Principais Desvantagens:

- Para ser eficaz, a temperatura de 70°C a 80°C tem que ser mantida em todo o sistema durante alguns minutos. Contudo existem perdas térmicas ao longo do percurso da água quente, mesmo quando os sistemas estão bem isolados;
- A garantia de manter estes valores de temperaturas em todo o sistema de água quente sanitária é difícil face às perdas térmicas que normalmente ocorrem: Verifica-se que normalmente a temperatura do circuito de retorno é 10 a 15ªC inferior àquela que sai das caldeiras;
- A temperatura atua sobre as bactérias à superfície das tubagens. Contudo caso exista um biofilme que sirva de proteção ás bactérias, este método não é eficaz na sua erradicação, nem remove o biofilme, podendo ocorrer condições futuras para a sua recolonização se não existirem outros tratamentos complementares;
- Nem todas as torneiras são acessíveis;
- É necessário muito pessoal para controlo das temperaturas em todo o sistema e efetuar a sua monitorização (reservatório de água quente e controlar as purgas nas torneiras e Chuveiros);
- Risco de queimaduras se não existir um controlo correto da temperatura em toda a extensão da rede durante a aplicação de um choque térmico. No caso de hotéis e hospitais;
- Riscos de se formarem incrustações e depósitos nas redes, tendo em conta a qualidade da água e dos materiais;
- As redes antigas podem não resistir a estas temperaturas, ou nem sempre a produção primária de água quente alcança os valores pretendidos;
- De três em três meses deve-se repetir esta operação. Exige que seja um processo cíclico
- Caso seja detetada a *Legionella* após o tratamento térmico, usualmente recorre-se a processos de hipercloragem (injetando de 20 a 50 ppm de cloro). No entanto estas dosagens podem afetar a estrutura da rede, caso a mesma ou os materiais que a compõem não estejam adaptados a resistir a estes químicos ou então face à idade da rede a sua resistência aos agentes químicos ser menor;
- Consumo de água e de energia.

Desinfeção Térmica / Vapor

Este processo consiste na produção instantânea de vapor, fazendo-o circular sob a forma de vapor condensado a uma temperatura entre 70 a 80° C pela tubagem da rede predial de água quente, adicionando-lhe para o efeito água quente ou água fria para atingir a temperatura indicada.
Esta opção permite evitar custos excessivos, em virtude de não necessitar de pessoal especializado para a operação, podendo ser a equipa de pessoal da manutenção do edifício a executar esta tarefa.

Por outro lado a manutenção deste sistema, é usualmente mais complexa do que o recurso a tanques de água quente para a desinfeção térmica
Este sistema de desinfeção com o recurso à produção instantânea de vapor, funciona melhor quando na conceção do sistema da rede sanitária de água quente foi logo prevista a instalação deste sistema, do que instalada após a ocorrência de um caso da Doença dos Legionários.

Principais Desvantagens:

- A rede sanitária de água fria não pode ser desinfetada por este processo;
- A fim de se obter uma desinfeção eficaz e completa, devem-se efetuar purgas nos pontos de utilização (torneiras e chuveiros) com água quente a uma temperatura próxima dos 60°C. Contudo muitas vezes, face às perdas térmicas do sistema, nem sempre é possível de obter, de uma forma contínua e para o período pretendido;
- Nem sempre as caldeiras e os permutadores de calor, como circuito primário de aquecimento, permitem que a temperatura da água em toda a rede de água quente sanitária se mantenha a 60°C, durante trinta minutos.

Desinfeção por Ultra Violeta (UV)

Este tratamento da água é usado hoje em dia em algumas situações para se obter uma água de elevada qualidade bacteriológica, nomeadamente:

- No tratamento da água ultra pura, para a indústria eletrónica e de semicondutores;
- Industria farmacêutica;
- Industria alimentar, nomeadamente cervejeiras e bebidas macias de modo a impedir danos provocados por bactérias;
- Água para consumo humano, quer à escala doméstica até abastecimento de grandes comunidades;
- Água quente sanitária, de modo a minimizar o risco de infeção por *Legionella*.

O sistema de tratamento por UV consiste na transferência de energia eletromagnética de uma lâmpada de arco mercúrio para um organismo de material genético (RNA ou DNA).

Quando a radiação UV penetra na estrutura da célula através da parede celular de um organismo destrói a estrutura de DNA e a capacidade reprodutora da célula, ou seja a radiação UV, gerada pela descarga elétrica no vapor de mercúrio, penetra no material

genético e retarda a capacidade para a célula se reproduzir, sendo equivalente ao processo de esterilização.

As lâmpadas de UV estão no interior de tubos de quartzo, permitindo proteger a lâmpada e dissipar o calor gerado, apresentando-se as seguintes figuras ilustrativas.

Figura 3 – Ilustração de diversas disposições das lâmpadas de radiação

Figura 4 – Exemplos de lâmpadas ultravioletas (retirado de 12).

Quando as células estão expostas à radiação UV ocorrem as seguintes fases:

- A radiação UV penetra na parede celular da célula;
- A energia dos fotões da radiação é absorvida pelas proteínas e pelo DNA da célula;
- A luz danifica a estrutura proteica;
- O DNA sofre uma alteração química, ou seja o DNA sofre uma divisão celular e não pode reproduzir-se, levando à sua morte;
- Os organismos, incapazes de metabolizar e reproduzir-se não podem causar doenças.

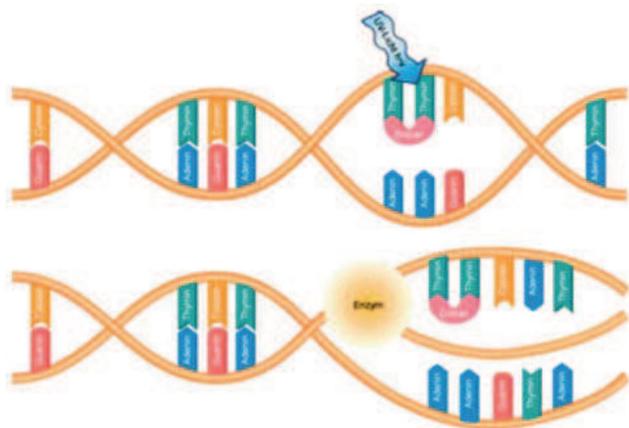



Figura 5 – Ação da luz ultravioleta sobre o material genético da célula bacteriana (retirado de 12).

A eficiência destas operações, com recurso às lâmpadas de UV, depende dos seguintes fatores:

- Das características da água a tratar, do ponto de vista físico/químico e bacteriológico;
- Da intensidade da radiação UV;
- Do tempo de contacto dos microrganismos com a radiação UV.

Usualmente consegue-se uma eficiência próxima dos 99,9% na remoção da carga bacteriana da água, e os principais parâmetros a ter em conta, quando se opta por esta tecnologia, são:

- O tempo de exposição que deve estar compreendido entre 1 a 2 seg.;
- Os equipamentos dimensionam-se de modo a proporcionar uma dose de UV entre os 25 a 30 m J/cm^2, dose esta que é suficiente para eliminar 99,9% das bactérias de *Legionella*.

Apresentam-se de seguida alguns valores tipo de dose recomendadas para vários tipos de bactéria:

Tabela 1: Dose de radiação UV a 253,7nm requerida para um índice de mortalidade de 99,9%. (adaptado de 12).

Bacterias	Dose (mj/cm^2)
Esherichia coli	7,0
Salmonela enteritidis	7,6
Streptococus lactis	8,8
Pseudomonas aeruginosa	10,5
Pseudomonas aeruginosa	7,0

A dose necessária é obtida pela seguinte equação:

$$H = E \times T$$

H= dose de radiação (m J/cm^2)
E= intensidade (m J/cm^2.seg)
T= Tempo de exposição (seg)

Os principais componentes de um sistema de UV são: lâmpadas de mercúrio, um reator e um quadro de controlo.

A origem da radiação de UV é a lâmpada de arco de mercúrio de baixa, média pressão e com baixa ou alta intensidade.

A esterilização é mais eficaz para um comprimento de onda de (λ = 254 nm) e temperatura próximas de 40ºC.

Ex : UVA (λ = 315 a 400 nm, provoca o bronzeamento da pele); UVB (λ=280 a 315 nm, causa queimaduras solares); UVC (λ = 200 a 280 nm, é absorvido pelo DNA e causa mutações e é a gama mais efetiva para a inativação bacteriana); UVV (λ= 100 a 200 nm, é fortemente absorvido pela água e pelo ar, só pode transmitir-se pelo vazio).

O comprimento de onda que conduz a uma eliminação mais eficaz dos microrganismos, encontra-se no intervalo entre 250 a 270 nm, constatando-se que a intensidade da radiação dissipa-se à medida que a distância à lâmpada aumenta.

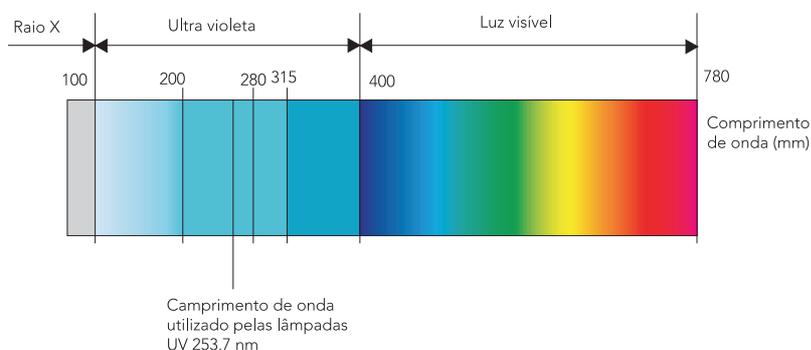



Figura 6 – Espetro da radiação (retirado de 12).

A lâmpada de média pressão tem uma capacidade germicida 15 a 20 vezes mais intensa, constatando-se que desinfeta mais rapidamente, tendo uma capacidade maior para penetrar na membrana celular pelo facto de ser mais intensa.

A Câmara de irradiação, onde se submete o fluxo de água ao efeito da radiação UV, que circula em fluxo turbulento, normalmente é constituída por aço INOX 316L (o interior em aço inox polido em espelho, aumenta a eficácia entre 20 a 30% aproximadamente).

Neste sistema é necessário usar um filtro a montante, para remover as partículas em suspensão que interferem com a ação do UV e a sua eficácia, impedindo a transmissão de UV e o contacto direto com as células do microrganismo.

O sistema de esterilização por UV requer uma manutenção em continuo, de forma a evitar os fenómenos de incrustação na estrutura, que afetam todo o sistema de tratamento.

Hoje em dia a tecnologia já evoluiu e tem muitas aplicações, até ao nível de tratamento de água de processo nas industrias, tendo aumentado significativamente o período de vida destas lâmpadas.

A título ilustrativo apresenta-se na Figura 7 o esquema de tratamento.

Principais Vantagens:

- Elimina vírus, bactérias, algas e os seus esporos; é efetivo no combate aos microrganismos, incluindo o Cryptosporidium parvum e a Giardia;
- Destrói as cloraminas (fotólise) e reduz os trihalometanos (THM);
- Não requer uma manutenção diária;
- Mínimo espaço requerido;
- Não confere nem sabor nem odor à água e não varia com o pH;
- Oxidação avançada, produção de radicais hidroxilo (OH).

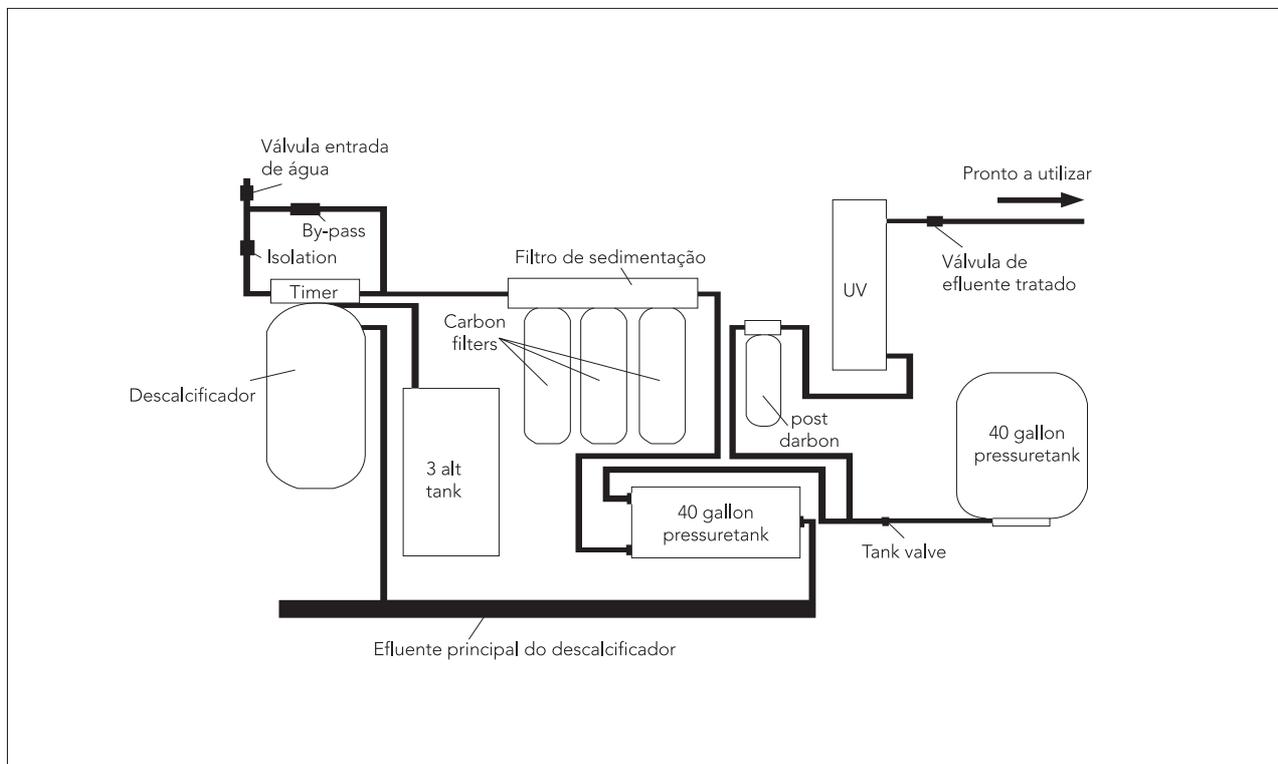



Figura 7 – Ilustração de tratamento de água onde se incluí um sistema de UV

Principais Desvantagens:

¬ Não deixa um residual de biocida na água;
¬ É ineficaz na remoção do biofilme, que potencia a formação da *Legionella*;
¬ Em redes grandes é sempre necessário uma segunda desinfeção com um biocida que deixe um residual na água, permitindo apenas uma diminuição da sua dose;
¬ Interage com os produtos halogenados;
¬ Destrói o cloro;
¬ A sua eficácia diminui drasticamente se a água apresentar turvação;
¬ Quando a concentração de *Legionella* é muito elevada, opta-se, normalmente, por um tratamento de choque químico recorrendo ao cloro ou dióxido de cloro.
¬ Os custos envolvidos com esta tecnologia devem ser equacionados face às outras alternativas de tratamento.

Desinfeção Química/ recurso ao Cloro - Hipercloração

Quando existem casos associados de Doença dos Legionários envolvendo sistemas prediais de água, ou os valores detetados são superiores a 1000 ufc /L de *Legionella* pneumophila, é muitas vezes necessário recorrer a tratamentos de choque por via química, usando do cloro ou seus derivados. Deve-se sempre avaliar a resistência dos materiais que compõem a rede com os químicos adicionados.
A hipercloração é um método que recorre ao uso de cloro como biocida e precisa de um recipiente para a solução de biocida e respetiva bacia de emergência, de uma bomba doseadora automática e de uma sonda para monitorizar o valor do cloro residual livre.

A sonda dá instruções à bomba doseadora para injetar mais ou menos biocida ou através de uma bomba doseadora de velocidade variável ou por uma maior ou menor abertura da válvula de injeção do biocida na rede predial.

Este método obriga a obter valores de cloro residual livre de 20 a 50 mg/l, existindo várias metodologias, que envolvem sempre uma limpeza prévia ao sistema recorrendo a uma dosagem inferior, a qual pode variar entre valores de cloro residual livres entre 5 e 15 mg/l, fazendo circular a água clorada e o biodispersante no sistema entre 5h a 24 horas.

Posteriormente faz-se uma cloragem da água com valores de cloro residual livre compreendido entre 20 a 50 mg/l, durante um tempo de contacto de 1h a 2h; casos há em que se pode optar por valores entre os 20 mg/l e os 30 mg/l, durante 2 a 3h.

Deve-se monitorizar regularmente para verificar estes valores e, de preferência, o valor de pH da água deve ser inferior a 8 e a temperatura inferior a 30ºC, se não a eficácia diminui, obrigando a alterar as dosagens.

O nível de cloro residual varia tendo em conta a qualidade da água, o seu pH, o caudal envolvido e a quantidade de biofilme existente no sistema (rede e respetivos reservatórios); realce-se que os produtos utilizados devem ser compatíveis com o uso da água para consumo humano.

Após a hipercloração, os valores de cloro residual livre na rede devem estar compreendidos entre os 0,5 mg/l a 1 mg/l , após duas horas do processo.

Pode-se recorrer ao uso de sais clorados (hipoclorito de cálcio ($Ca(OCl)_2$ estado sólido e hipoclorito de sódio NaOCl , (estado aquoso), obtendo-se valores de cloro residual livre de 2 a 6 mg/l. Para o caso da *Legionella* opta-se, usualmente, por valores de 1mg/l de cloro residual livres.

Existem documentos científicos que sugerem níveis de cloro residual livre entre 1 a 2 mg/l; contudo, artigos mais recentes demonstram que o recurso a valores de cloro residual livre entre 3 a 5 mg/l são mais efetivos; em contrapartida a agressividade para os materiais da rede aumenta e deve-se ter sempre este aspeto em consideração quando se recorre a este método de tratamento.

Principais Desvantagens:

¬ Custos significativos;
¬ Potencia os fenómenos de corrosão nas redes prediais, sendo necessário adicionar produtos químicos anticorrosivos e materiais silicatados;
¬ Qualquer falha no sistema de doseamento, se não for detetada, pode permitir a recolonização da *Legionella*;
¬ Pode levar à formação elevada de Trihalometanos (THM) no sistema de água quente quando o teor de cloro residual livre excede os 4 mg/l, produtos estes potencialmente cancerígenos;
¬ O cloro não penetra no biofilme sendo necessário recorrer à adição de biodispersantes;
¬ *A Legionella é mais resistente ao cloro de que outras bactéria como a Escherichia coli. Os dados demonstram que no caso da Legionella é necessário uma atividade 40 vezes superior para a aniquilar, relativamente à E. coli;*
¬ Pode-se também optar pela hipercloração juntamente com a aplicação de choques térmicos, de modo às bactérias não se adaptarem e desenvolverem espécies multirresistentes;
¬ Usualmente, valores de cloro residual livre de 2mg/l permitem manter concentrações de *Legionella* inferiores a 100 ufc /100 ml, quando na presença de biofilmes.

Os biofilmes que se formam nas tubagens das redes prediais envolvem a presença de bactérias, algas, fungos e protozoários, que estão ligados entre si a um substrato, integrando uma massa de polímeros extracelulares produzidos pelos organismos.

Grande parte dos biocidas não têm a capacidade para penetrar no biofilme, sendo muitas vezes necessário recorrer ao uso de biodispersantes que permitem que o biocida penetre no biofilme, facilitando a sua atuação em toda a sua extensão.

Desinfeção Química/ recurso ao Dióxido de Cloro (CLO_2)

O dióxido de cloro é uma alternativa usual à desinfeção por cloro, quer no tratamento de água para consumo humano, quer no tratamento da água para processos industriais, tendo em conta que além do poder de desinfeção elevado não potencia os fenómenos de corrosão dos materiais das redes.

É um gás de cor alaranjada e solúvel na água, não pode ser armazenado, e deve ser produzido no local de utilização recorrendo-se ao uso de duas soluções diluídas: uma de ácido hipoclórico e outra de cloreto de sódio.

Principais Vantagens:

¬ O CLO_2 é um biocida mais eficaz que a solução aquosa de hipoclorito de sódio e seus derivados, apresentando uma ação mais forte no combate à carga bacteriana da água recorrendo a menores dosagens e necessitando de menor tempo de contacto;
¬ Deixa um residual de desinfetante na água que perdura ao longo do tempo;
¬ Apresenta um efeito seletivo, não forma substâncias tóxicas como as cloraminas e os Trihalometanos (THM), estes últimos potencialmente cancerígenos;
¬ Não deixa nem sabor nem odor na água;
¬ Permite destruir os agentes patogénicos e os biofilmes;
¬ Devido ao seu elevado potencial Redox, o dióxido de cloro é um biocida poderoso, eliminando todo o tipo de germes, vírus, fungos e algas, não necessitando de uma dosagem elevada para se obter o valor de cloro residual livre desejado;
¬ Mesmo os germes que resistem ao cloro são eliminados completamente pelo dióxido de cloro;
¬ A maior diferença entre o dióxido de cloro e o cloro é o seu efeito gradual na eliminação do biofilme, mesmo em doses baixas;

- Concentrações de dióxido de cloro de 1 mg/l eliminam a *Legionella* que esteja presente na água, num período de contacto de 18 horas;
- A ação do dióxido de cloro é independente do pH da água, ao contrário dos outros derivados do cloro, pelo que pode ser usado mesmo em ambientes alcalinos;
- Na água de consumo humano os valores permitidos oscilam entre os 0,2 mg/l a 0,8 mg/l de cloro residual livre;
- Diminui a necessidade de efetuar choques térmicos à rede de água quente sanitária.

A título de exemplo, apresenta-se o processo "Oxiperm" do grupo Grundfos ALLDOS sobre o dióxido de cloro no combate à Doença dos Legionários, existindo outras empresas no mercado que também recorrem ao uso do mesmo agente para a desinfeção da água.

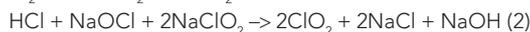
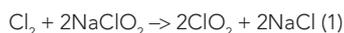
A formação do dióxido de cloro é automática; para tal recorre-se ao uso de dois recipientes: um com uma solução diluída de ácido hipoclórico (concentração 9% em peso) e outro com uma solução diluída de cloreto de sódio (concentração em peso de 7,5%). A solução resultante de dióxido de cloro a 2%, é adicionada ao fluxo de água através de uma bomba doseadora.

Existe uma sonda de monitorização contínua da dosagem efetuada, que permite o reajustamento automático do sistema de desinfeção; o dióxido de cloro pode ser adicionado diretamente à tubagem mestra através de uma picagem na mesma, ou através de um sistema de bypass, sem recorrer à abertura da conduta mestra, podendo efetuar-se o doseamento em mais que um ponto.

Contata-se que a ação do dióxido de cloro é mais eficaz que a do cloro. Contudo, é menos efetiva que a do ozono. Este último, apresenta a desvantagem de, após a sua aplicação, necessitar de ser removido da água, uma vez que não pode ser ingerido e necessita que a água seja sujeita a um tratamento posterior com cloro adicional para manter uma proteção sanitária adequada do sistema.

Os custos envolvidos consistem em dois depósitos de reagentes de Na ClO_2 e HCl cifrando-se o custo do tratamento aproximadamente em 75 €/ano por cada 10 m^3/h de água tratada/dia.

O equipamento recorre ao uso de dois depósitos, contendo cada um o seu reagente (nomeadamente o ácido hipoclórico e clorito de sódio); estes alimentam duas bombas doseadoras que, por sua vez, alimentam a câmara de mistura permitindo, em conjugação com a água, transformar os dois reagentes em dióxido de cloro. O produto acabado vai alimentar uma terceira bomba doseadora que injeta o produto final na rede. As principais reações são:

$Cl_2 + 2NaClO_2 \rightarrow 2ClO_2 + 2NaCl$ (1)
$HCl + NaOCl + 2NaClO_2 \rightarrow 2ClO_2 + 2NaCl + NaOH$ (2)

Para concentrações de *Legionella* na água próximas das 100 ufc/100 ml recorre-se, usualmente, à desinfeção por cloro, para se efetuar a descontaminação.

Se a concentração for superior ao valor anterior, o que é indicativo do crescimento do biofilme, deve-se proceder à limpeza da rede antes da desinfeção com dióxido de cloro.

Outros fatores, para além do recurso ao uso de biocidas, podem auxiliar o processo de descontaminação com sucesso, nomeadamente:

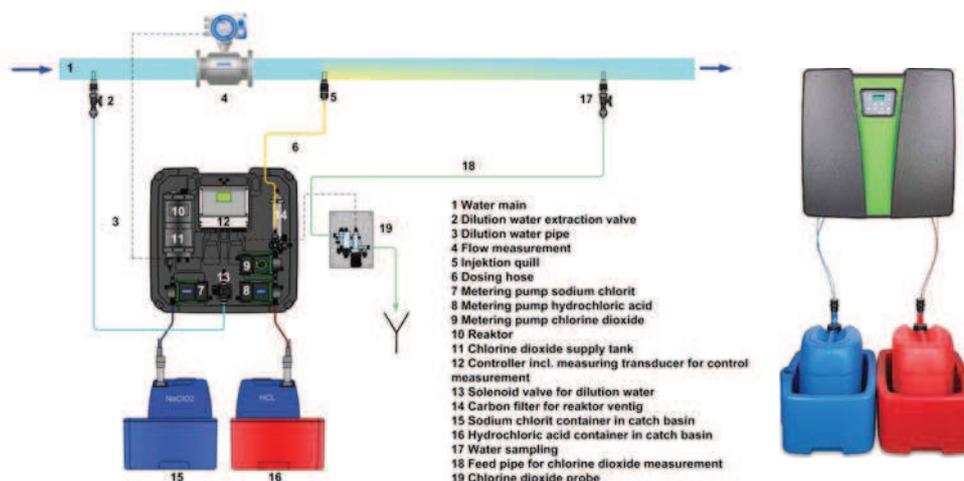



Figura 8: Processo Oxiperm. Retirado de 10.

- Melhorar o sistema de circulação da água na rede;
- Seccionar troços da rede para intervenção (válvulas de seccionamento);
- Separar corretamente o sistema de combate a incêndios da rede de água para consumo humano.

Contudo, se o sistema de doseamento falhar, deixará o caminho livre para a recolonização por *Legionella*.

Desinfeção Química/ recurso a iões de Cobre e Prata

Os principais aspetos a ter em conta neste processo estão relacionados com o sua dosagem e monitorização e as principais ações a realizar no livro de registo são:

- Determinar a taxa de libertação dos iões para os sistemas da rede predial;
- Verificar a concentração da prata, do ponto de vista analítico, em algumas torneiras-sentinelas pelo menos trimestralmente;
- Determinar a concentração dos iões de prata em torneiras representativas de todo o sistema, numa base rotativa;
- Observar constantemente a limpeza dos elétrodos, com uma frequência mínima mensal; sempre que se verifiquem incrustações, ou outras impurezas, nos elétrodos, deve-se proceder à sua limpeza de imediato;
- Controlar o pH da água, assim como efetuar outras análises;
- Efetuar regularmente a monitorização analítica do cobre e da prata no caso de não existir um tratamento automático do sistema, cuja falta pode originar flutuações na concentração destes elementos.
- Manter a concentração do cobre e da prata nos valores recomendados de 400 µgr/l para o cobre (Cu) e 40 µgr/ para a prata (Ag). Se a água for macia, a concentração de prata (Ag) pode considerar-se eficaz entre os 20 a 30 µgr/.

Em águas com elevada dureza, pode ser difícil manter a concentração de prata, podendo a concentração elevada de sólidos em suspensão provocar a precipitação da prata.

É difícil manter a concentração de prata para valores de pH superiores a 7,6, em redes que possuam uma proteção catódica com Zinco (Zn), já que este anula a ação da prata.

Principais Desvantagens:

- A eficácia da atuação do cobre e da prata depende da capacidade incrustante da água , potenciando a formação de depósitos nos elétrodos;
- Depende também do pH da água, afetando a concentração da prata na água, e daí ser recomendado um valor de pH inferior a 8;
- Elevadas concentrações de cobre e prata podem imprimir coloração à água e às peças sanitárias (cor acastanhada);
- É tóxico para os seres humanos, e os valores permitidos na água para consumo humano são exigentes (DL nº 306/2007, de 27 de Agosto, Cobre = 2mg/l; a prata não apresenta valor paramétrico OMS);
- É necessário instalar dispositivos nas torneiras de modo a remover a prata e o cobre em excesso, sendo necessário uma vigilância apertada;
- A EPA (Agência Americana do Ambiente recomenda valores na água de consumo Humano de 1,3 mg/l para o Cobre e 100 µgr/ l para a prata.

Desinfeção Química/ recurso ao ozono

O ozono é um oxidante extremamente ativo e eficaz para eliminar a *Legionella*. Neste processo recorre-se à instalação de ozonizadores que, através da ação da corrente elétrica, transformam o O_2 em O_3.

O ozono inativa instantaneamente a bactéria *Legionella*. Contudo, tem um período de vida curto e decompõe-se de novo em oxigé-

nio, sendo necessário usar um segundo desinfetante que deixe um valor residual na água para estabelecer uma barreira sanitária, em virtude do ozono não deixar qualquer residual na água.

Constata-se que só é eficaz no ponto de utilização, podendo ocorrer a recolonização da *Legionella* se existirem condições favoráveis.

A produção de ozono é obtida quando uma corrente alternada de alta voltagem é descarregada na presença de oxigénio. O maior exemplo é o que ocorre na Natureza, quando em dias de tempestade há grande produção de ozono na atmosfera devido às elevadas descargas elétricas provenientes dos relâmpagos. O gerador de ozono, basicamente, reproduz, de forma controlada e eficaz, este fenômeno natural, aliando alta tecnologia na área de materiais à eletroeletrónica avançada.

Nos sistemas das redes prediais recomenda-se concentrações de valores de ozono residual de 1 a 2 mg/l, causando uma redução da presença de *Legionella* de 5 Log na *Legionella* pneumophila.

A título comparativo apresentam-se os poderes oxidantes de alguns químicos:

Oxidante	Potencial Oxidante (V)
Radical hidroxilo	2,8
Ozono	2,07
Peróxido de hidrogénio	1,78
Permanganato de potássio	1,70
Hidrocloreto	1,49
Cloro	1,36
Dióxido de cloro	1,27
Oxigénio	1,23

Principais Desvantagens:

¬ Custo do equipamento;
¬ Só é eficaz no ponto de utilização, não deixando valor residual livre;
¬ É necessário recorrer ao uso de um outro biocida secundário para manter a barreira sanitária.

Recurso a Filtros terminais eletroestáticos nos Hospitais

Dentro dos hospitais e nos locais de maior risco como Centros de Transplantes e Unidades de Controlo de Infeção e de Doentes Imunodeprimidos (doentes crónicos – renais, respiratórios e cardíacos) a água à saída das torneiras e dos chuveiros não deve conter *Legionella* spp (0 ufc//L), principalmente nos locais onde se libertam aerossóis – recomendações da OMS;

Neste sentido, recomenda-se que nos pontos de utilização de maior risco os níveis de concentração de *Legionella* spp na água sejam inferiores aos detetados pelos métodos analíticos:

¬ Para se conseguir este objetivo é necessário verificar se o sistema de tratamento garante o nível de 0 ufc/l de *Legionella* spp, ou seja, avaliar a sua eficácia e em alternativa equacionar a colocação de filtros terminais nos pontos de utilização com poros de diâmetro (Ø) 0,2µm de modo a garantir a ausência de *Legionella* spp e de outras bactérias e fungos como Pseudomonas spp, Aspergillus spp etc…;
¬ Os filtros devem ser colocados, substituídos e mantidos, segundo os procedimentos estipulados pelo fabricante, que permitam respeitar os objetivos de ausência de *Legionella* spp;
¬ Previamente à instalação dos filtros, os pacientes de alto risco devem ser informados dos pontos de utilização de risco (torneiras e chuveiros);
¬ Todas as saídas de água nos pontos de utilização devem ser regularmente inspecionadas e mantidas com recurso a pessoas qualificadas, devendo-se equacionar a monitorização periódica do sistema de abastecimento de água ao hospital no respeitante à *Legionella* spp;
¬ No caso de surtos, pode-se considerar os doentes de alto risco como acamados, obrigando a uma logística própria, enquanto não se instalam sistemas de tratamento complementar da água;
¬ Pode-se também recorrer a outros tratamentos físicos que envolvam a temperatura, ou mesmo ao uso de água esterilizada, evitando-se grande parte das doenças nosocomiais;
¬ Nos locais do hospital onde estão localizados os doentes de alto risco, deve-se equacionar um tratamento suplementar à água de abastecimento à unidade hospitalar, chegando-se em alguns casos a providenciar água esterilizada para os doentes beberem e para sua higiene pessoal;

Recomendações do Ministério da Saúde da Alemanha (pacientes severamente imunocomprometidos)

Hospitais	Concentração de *Legionella* spp	Medida proposta	Frequência de Análises
Áreas de risco	0		Trimestral
	≥ 1 ufc/100 ml	Colocação de filtros nos pontos terminais	Semestral

Pall Medical

Apresenta-se de seguida a tabela comparativa para os vários métodos de Desinfeção no combate à Doença dos Legionários

Método	Vantagens	Desvantagens
Manter temperatura <20 °C	Simples, eficaz e fácil de monitorizar	Só aplicável aos sistemas de água para consumo humano
	Pouco significativo a nível do crescimento da *Legionella*	
Manter temperatura >50 °C	Simples, eficaz e fácil de monitorizar	Não elimina a *Legionella*
		Requer temperaturas de recirculação próximas dos 60 °C
		Dificuldade em manter esta temperatura em toda a rede
		Requer proteção para evitar queimaduras
Purgas periódicas com água quente a temperaturas de 50-60°C (parte do processo de controlo acima)	Simples, eficaz e fácil de monitorizar	Não aplicável aos sistemas de água fria
		Requer proteção para evitar queimaduras
		Deve ser mantido e inspecionado para garantir a consistência
		Pode ocorrer recolonização após algunsdias
Doseamento com hipoclorito de sódio	Técnica de desinfeção eficaz	Formação de trihalometanos
	Simples de utilizar	Necessário utilizar filtros de proteção de carbono no caso de doentes de hemodiálise
	Relativamente barato	Tóxico para os peixes
		Afeta o sabor e o odor
		Não é estável, particularmente nos sistemas de água quente
		Aumenta a corrosão do cobre
Doseamento de monocloramina	Mais persistente que o cloro	Necessário utilizar filtros de proteção de carbono no caso de doentes de hemodiálise
	Simples de utilizar nas linhas principais de distribuição	Tóxico para os peixes
	Penetração no biofilme	Afeta as borrachas
		Não existem kits comerciais disponíveis para pequenos sistemas de água
Doseamento de dióxido de cloro	Técnica de desinfeção eficaz	Formação de cloritos
	Simples de utilizar	Necessário utilizar filtros de proteção de carbono no caso de doentes de hemodiálise
		Considerações de segurança (conforme o método de geração)
Doseamento de peróxido de hidrogénio	Simples de utilizar	Desinfetante fraco
		Suspeição de efeitos mutagénicos
Ionização de cobre e prata	Eficaz quando são mantidas as concentrações prescritas	Necessidade de monitorização frequente do cobre e da prata
		Necessidade de pré-tratamento (pH, dureza)
		Aumento da concentração de cobre e prata na água
Oxidação anódica	Técnica de desinfeção comprovada	Necessidade de pré-tratamento (consoante o efeito do pH e da dureza)
		Desconhecido o efeito da *Legionella* no biofilme
Desinfeção por UV (ultravioleta)	Técnica de desinfeção comprovada	Eficaz apenas no ponto de aplicação; não deixa residual de biocida na água
	Simples de utilizar	Não recomendado para águas com turbidez
		Não tem efeitos na formação do biofilme
Ultrafiltração à entrada do edifício	Barreira física de desinfeção	Não inativa a *Legionella* a jusante após a filtração no sistema
	Remoção da biomassa e das partículas	Efeito desconhecido na formação de biofilmes e sedimentos
Utilização de filtros terminais nas torneiras e chuveiros	Barreira física	Só é aplicável nos pontos de uso
	Fácil de instalar (pode requerer modificação das torneiras)	Exigem uma substituição regular
	Pode ser usado em sistemas de água quente e fria	Partículas na água podem reduzir o fluxo e a vida útil
	Adequado para sistemas em que existam pacientes de alto risco	Custo elevado

Aquecimento de pasteurização com descargas	Barreira de desinfeção	Efeito temporário na *Legionella*
	Útil como medida de curto-prazo	Não limita a formação de biofilme
	Fácil de aplicar nas instalações de água quente	Risco de queimaduras
Biocidas não-oxidantes	Técnica comprovada para sistemas de arrefecimento	Não adequado para sistemas de água potável
		A maior parte não é aplicável aos spas
		Podem-se desenvolver bactérias resistentes
		Necessidade de alternar 2 tipos de biocidas
		Concentração frequentemente não pode ser monitorizada com facilidade
		Difícil de neutralizar para efeitos de recolha de amostras.

WHO 2007 "*Legionella* and prevention of legionellosis"

3 Valores do ponto de vista de Operação a serem considerados na avaliação das medidas implementadas no combate à Doença dos Legionários

É importante distinguir a situação de colonização dos sistemas de água por bactérias do género *Legionella*, da ocorrência de um caso de doença dos legionários.

A existência de uma análise positiva de *Legionella* na água não significa que ocorram imediatamente casos diretamente relacionados com a doença dos legionários; assim como uma análise negativa pode levar a uma falsa sensação de estabilidade e de segurança, o que não é garantia absoluta de que não possa estar presente no sistema.

Neste sentido, a OMS não propõe um valor guia, porque não existe um valor a partir do qual o risco é mínimo ou a partir do qual o risco é máximo.

Sem dúvida, quanto menor for o valor verificado, menor será a probabilidade da infeção se declarar; os valores referidos na bibliografia, e que se apresentam, têm como objetivo avaliar a eficácia das medidas tomada do ponto de vista de operação e manutenção dos sistemas.

- Rede predial de água: nível de alerta > 1000 ufc/L *Legionella* spp., sistema sob controlo = 100 ufc/L, *Legionella* spp., valores importantes para avaliar a eficácia das medidas de operação e manutenção dos sistemas;
- Torres de arrefecimento: nível de alerta: 1000 a 10000 ufc/L de *Legionella* spp. , nível de acção: 105 ufc/L de *Legionella* spp;
- Equipamentos de terapia respiratória: 0 ufc/l de *Legionella* spp.

Nos locais de maior risco numa Unidade Hospitalar, como nas UCI – Unidades de Controlo de Infeção, Hematologia, Transplantados e Neonatal, o nível exigido deve ser 0 ufc/L de *Legionella* spp.

BIBLIOGRAFIA

1. Department oh Human Services, "Guidelines for Control of Legionnaire Disease". Victoria Melbourne Australia;
2. Jan Van Wijngaarden, Carol Joseph, John Lee, Maddalena Castellani Pastoris and Vladimir Drasar "European Guidelines for Control and Prevention of Travel Associated Legionnaires` Disease". September 2003.
3. Jamie Bartram, Yves Chartier, John V Lee, Kathy Pond an Susanne Surman Lee "*Legionella* and prevention of legionellosis". World Health Organization 2007;
4. Real Decreto 909/2001, de 27 de Julio "Critérios higiénico – sanitarios para la prevencion y control de legionelosis".
5. Real Decreto 865/2003, de 4 de Julio, por el que se estabelecen los criterios higiénico – sanitarios para la prevencion y control de legionelosis.
6. Matthias Trautmann, MD, Simone Halden, MD, J Hoegel Phd, and Mathias Hallen, MD. "Point of use water filtration reduce endemic Pseudomonas aeruginosa infection". American Journal of Infection Control, August 2008, Volume 36, number 6;
7. Judy H. Angelbeck. "Nosocomial Aspergillosis – The Risk at The Water tap ou Shower". Pall Medical;
8. John Watkins, Carol Francis and Rachel Chalmers. " Evaluation of The Pall – Aquasafe Water Filter for Removal of Cryptosporidium Oocysts from tap Water". Centre for Research in to Environmental and Health. Leeds ,UK;
9. United States Environmental Protection Agency (EPA). "*Legionella* Human Health Criteria Document". – EPA-822-R-99-001, November 1999 – www.epa.gov ;
10. Grundfos Alldos Dosing & Disinfection. "Guidelines for combating *Legionella* with Oxiperm Pro chlorine dioxide systems" www.grundfosalldos.com ;
11. Pall Medical. "Prevention *Legionella* infection using point of use medical water filtration". www.pall.com ;
12. AquaAmbiente. "Tratamento das águas – Ultra Violeta". 2004. www.aquaambiente.pt ;

Paulo Diegues é Formado em Engenharia do Ambiente, Ramo Poluição. Entre outras actividades, trabalhou na Lusagua SA, em exploração de Estações de Tratamento de Águas Residuais, foi responsável da Divisão de Operação e Manutenção nos Serviços Municipalizados de Setúbal. Colaborou na Divisão de Saúde Ambiental da DGS. Dedicou-se a desenvolver vários trabalhos na área da Doenças dos Legionários, como autor, com o livro "A Doença dos Legionários na área hoteleira", e formador. Participou na elaboração de Normas sobre a Doença dos Legionários. É chefe de Divisão de Saúde Ambiental e Ocupacional na Direcção-Geral da Saúde.